

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-289437

(43)Date of publication of application : 27.10.1998

(51)Int.CI.

G11B 5/66

G11B 5/02

G11B 5/39

(21)Application number : 10-032428

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 16.02.1998

(72)Inventor : SUZUKI HIROYUKI  
DAVID D JAYAPURAUIRA  
ISHIKAWA AKIRA  
KATAOKA HIROYUKI  
NARUSHIGE SHINJI  
MATSUDA YOSHIFUMI  
YAKU YOTSUO  
HOSOE YUZURU

(30)Priority

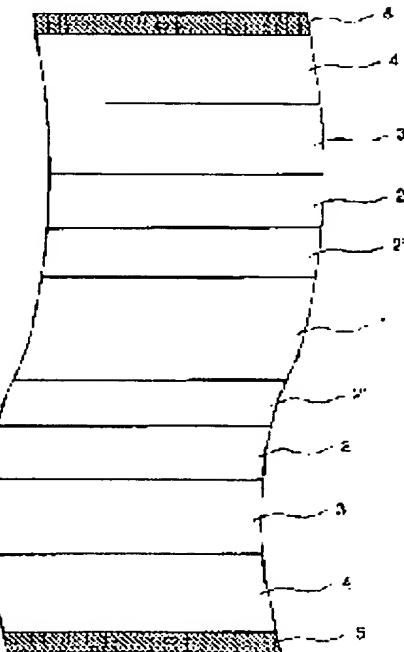
Priority number : 09 31726 Priority date : 17.02.1997 Priority country : JP

## (54) MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND MAGNETIC STORAGE DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic recording medium which is increased in high- output resolution for high linear recording density and the ratio of output of noise keeping the state that the adhesive strength between a metallic base layer and a substrate is improved.

SOLUTION: On the nonmetal substrate 1, an intermediate layer 2' containing at least oxide of at least one kind of element selected out of a 1st element group of Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Mo, W, Si, Al, and Y and a 2nd element consisting of Cr or V and nitrogen, the metallic base layer 2, a magnetic layer 3, and a protection film 4 are laminated. The intermediate layer 2' may be decreased in oxide density along the thickness continuously or stepwise from the nonmetal substrate 1 to the metallic base layer 2.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.11.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-289437

(43) 公開日 平成10年(1998)10月27日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>

G11B 5/66  
5/02  
5/39

識別記号

F I

G11B 5/66  
5/02  
5/39

A

審査請求 未請求 請求項の数 6 ○ L (全17頁)

(21) 出願番号 特願平10-32428

(22) 出願日 平成10年(1998)2月16日

(31) 優先権主張番号 特願平9-31726

(32) 優先日 平9(1997)2月17日

(33) 優先権主張国 日本 (JP)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

鈴木 博之

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
社日立製作所ストレージシステム事業部内

ダビット・D・ジャヤプラウィラ

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
社日立製作所ストレージシステム事業部内

石川 晃

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
社日立製作所ストレージシステム事業部内

(74) 代理人 弁理士 高橋 明夫 (外1名)

最終頁に続く

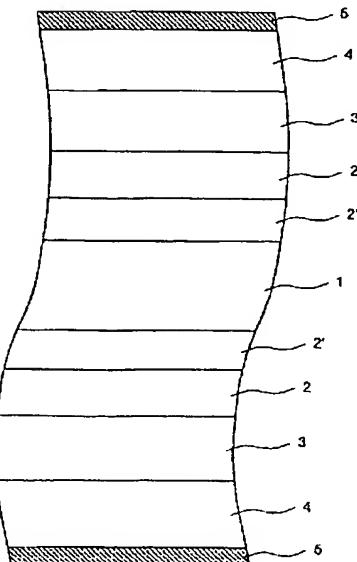
(54) 【発明の名称】磁気記録媒体及び磁気記憶装置

(57) 【要約】

【課題】金属下地層と基板の接着強度を向上させたま  
ま、高線記録密度における高出力分解能と雑音に対する  
出力の比率を増加させた磁気記録媒体を提供すること。

【解決手段】非金属基板1上に、Ti、Zr、Hf、  
V、Nb、Ta、Mo、W、Si、Al及びYからなる  
第1の元素群から選ばれた少なくとも1種の元素の酸化  
物、Cr又はVからなる第2の元素及び窒素を少なくとも  
含む中間層2' と、金属下地層2と、磁性層3、保護  
膜4が積層された磁気記録媒体。中間層2' は厚み方向  
の酸化物濃度が非金属基板1側から金属下地層2側の方  
向へ連続的に又は段階的に減少するように構成されてい  
てもよい。

図 1



1…非金属基板 2…金属下地層 2'…非磁性中間層  
3…情報記録層 4…保護膜 5…潤滑膜

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】基板上に、非磁性中間層、金属下地層及びCo基合金系の磁性膜からなる情報記録層がこの順に配置された磁気記録媒体において、上記非磁性中間層は、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、W、Si、Al及びYからなる第1の元素群から選ばれた少なくとも1種の元素の酸化物、Cr又はVからなる第2の元素及び窒素を少なくとも含有することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項2】基板上に、非磁性中間層、金属下地層及びCo基合金系の磁性膜からなる情報記録層がこの順に配置された磁気記録媒体において、上記非磁性中間層は、Ti、Zr、Hf、Nb、Ta、Mo、W、Si、Al及びYからなる第1の元素群から選ばれた少なくとも1種の元素の酸化物、Nbからなる第2の元素及び窒素を少なくとも含有することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項3】請求項1又は2記載の磁気記録媒体において、上記非磁性中間層は、さらに上記第1の元素群から選ばれた少なくとも1種の元素を有することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項4】請求項1から3のいずれか一に記載の磁気記録媒体において、上記酸化物は、上記非磁性中間層中に偏析して存在することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項5】基板上に、少なくとも1層の下地層を介してCo基合金系の磁性膜からなる情報記録層が配置された磁気記録媒体において、上記情報記録層は、その厚さtと、残留磁束密度Brとの積(Br×t)が2nWb/m以上、8nWb/m以下であり、活性化磁気モーメントが0.6×10<sup>-24</sup>Wb·m以上、1.4×10<sup>-24</sup>Wb·m以下であり、かつ、KV/kT(ただし、Kは情報記録層中の磁性粒の磁気異方性定数、Vは磁化反転体積、kはボルツマン定数、Tは絶対温度である)の値が100以上、150以下であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項6】磁気記録媒体と、該磁気記録媒体を駆動する駆動部と、記録部と再生部からなる磁気ヘッドと、該磁気ヘッドを上記磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、上記磁気ヘッドへの信号入力と上記磁気ヘッドからの出力信号再生を行なうための記録再生信号処理手段とを有する磁気記憶装置において、上記磁気ヘッドの再生部が磁気抵抗効果型磁気ヘッドで構成され、かつ、上記磁気記録媒体が請求項1から5のいずれか一に記載の磁気記録媒体であることを特徴とする磁気記憶装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、大容量の情報記録が可能な磁気記録媒体及びそれを用いた磁気記憶装置に係り、特に高密度磁気記録に好適な磁気記録媒体及びそれを用いた小型大容量の磁気記憶装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】磁気記憶装置に対する大容量化の要求は、現在益々高まりつつある。従来の磁気ヘッドには、磁束の時間的な変化に伴う電圧変化を利用した電磁誘導型磁気ヘッドが用いられてきた。このヘッドでは、一つのヘッドで記録と再生の両方を行なうことができる。これに対して、近年、記録と再生のヘッドを分離し、再生にはより高感度な磁気抵抗型ヘッドを利用した複合型ヘッドの採用が急速に進みつつある。ヘッド素子の電気抵抗が媒体からの漏洩磁束の変化に従って変化することを利用した磁気抵抗型ヘッドの感度を向上させるため、複数の磁性層を非磁性層を介して積層したタイプの磁性層で生じる非常に大きな磁気抵抗変化(巨大磁気抵抗効果又はスピンドル効果)を利用したさらに高感度なヘッドの開発も進みつつある。これは非磁性層を介した複数の磁性層の相対的な磁化方向が、媒体からの漏洩磁界により変化し、磁気抵抗が変化することを利用するものである。

【0003】一方、磁化を面内方向に記録する面内磁気記録用の磁気記録媒体は、Coのような強磁性金属を主成分にしたCo基合金系磁性薄膜を情報記録層としている。情報記録層の高記録密度化のために、(1)保磁力(Hc)を大きくすること、(2)媒体ノイズを小さくすること、(3)耐久性を向上させること等が要求される。

【0004】保磁力(Hc)を大きくするためには、例えば、CoCrPt合金磁性膜中のPt添加量を増し、これを体心立方構造(bcc)のCr又はCrを主成分とする合金系非磁性下地膜上にエピタキシャル成長させる方法が、ジャーナル・オブ・アプライド・フィジックス第73巻(1993年)第5569頁～第5571頁(J. Appl. Phys., vol. 73, (1993) p. 5569～5571)に記載されている。

【0005】なお、高密度記録を実現するためには、ビット境界の磁荷からの反磁界に打ち勝って磁化を記録方向に保持しておくために、保磁力を高くすると同時に、情報記録層の膜厚tと残留磁束密度Brの積Br·tを小さくして反磁界を小さくする必要があることが、アイ・イー・イー・トランザクション・オン・マグネチックス、29巻(1993年)第3670～3672頁(IEEE Trans. on Magn., Vol. 29, No. 6 (1993) p. 3670～3672)に記載されている。

【0006】一方、媒体ノイズ低減のための手法として、2層のCrを主成分とする非磁性下地膜を形成し、基板側に配置された第1の下地膜として、X線回折において体心立方構造の(110)配向を主体とする結晶構造を有する非磁性下地膜を膜厚0.5～8nm形成し、その上に体心立方構造の(200)配向を主体とする第2の非磁性下地膜を膜厚20～300nm形成する方法

が、特開平7-57238号に記載されている。

【0007】また、媒体ノイズを低減するためには、主に磁性膜の結晶粒径を減少して、活性化磁気モーメント  $v I_s$  を減少することが有効であることがジャーナル オブアプライド フィジックス 第79巻第8号5351ページ (J. Appl. Phys., Vol. 79 (8), 15 April 1996, pp. 5351 ~ 5353) に記載されている。ここで  $v$  は磁化反転の最小単位 (クラスター) の体積、  $I_s$  は磁性膜中の磁性を持った部分の自発磁化である。磁性膜の結晶粒を微細化することで  $v$  を減少できる。

【0008】また、媒体ノイズを低減するために、磁気記録媒体の結晶粒を小さくして、残留磁化保磁力又は保磁力と等しい磁界強度で揺らぎ場 ( $H_f$ ) を大きくする手法が特開平8-77543号公報にて提案されている。

【0009】さらに、媒体ノイズを小さくすると共に、耐久性を向上させるために、下地層を多層化して、磁性層側の下地層には低ノイズ化の機能を持たせ、ノイズに対する出力信号の大きさを大きくし、基板側の下地層には非磁性支持体との密着性をよくしてコントラクトスター・ストップに対する耐久性を良好にし、かつ、この基板側の下地層を、その上に磁性層側の下地層、磁性層、保護層を順次形成するときに基板から放出され磁気特性に悪い影響を及ぼす水分等のガスを吸収し、磁性層側の下地層や磁性層にガスが到達しないようなガスのバリヤーとする技術が提案されている。

【0010】すなわち、特開昭62-293511号公報に記載されている技術は、非磁性の非金属基板上に、金属下地層及び磁性層を積層被着した磁気記録媒体であって、基板と金属下地層との間に、  $Ti$ 、  $Zr$ 、  $Hf$ 、  $V$ 、  $Nb$ 、  $Ta$ 、  $Cr$ 、  $Mo$ 、  $W$  の内の少なくとも1種の元素を含む金属の酸化物からなり、かつ、厚み方向の酸素濃度が金属下地膜方向に連続的又は段階的に減少する特性を有した中間層を介在させたものに係る。

【0011】また、特開昭62-293512号公報に記載されている技術は、非磁性の非金属基板上に、金属下地層及び磁性層を積層被着した磁気記録媒体であって、基板と金属下地層との間に  $Ti$ 、  $Zr$ 、  $Hf$ 、  $V$ 、  $Nb$ 、  $Ta$ 、  $Cr$ 、  $Mo$ 、  $W$  の内の少なくとも1種の元素を含む金属の酸化物からなり、かつ、厚み方向の酸素濃度が金属下地膜方向に連続的又は段階的に減少する特性を有した酸化物層と、  $Ti$ 、  $Zr$ 、  $Hf$ 、  $V$ 、  $Nb$ 、  $Ta$ 、  $Cr$ 、  $Mo$ 、  $W$  の内の少なくとも1種の元素を含む金属又は合金からなる層とを順次積層した中間層を介在させたものに係る。

【0012】また、  $S/N$  比を向上させるとともに、静磁気特性や電磁変換特性を向上させる方法として、  $Cr$  を主成分とする非磁性下地膜に酸素を含有させて結晶配向性を向上させる手法が特開平1-290118号に記

載されている。

【0013】さらに、基板と磁性層の間に窒素を添加したクロム ( $Cr$ ) 下地層を用いた例がジャーナル オブアプライド フィジックス第63巻8号 (1988年4月15日号) 3269頁 (J. Appl. Phys., vol. 63, No. 8, (1988) p. 3269) に記載されている。この場合、下地層に窒素を添加することにより、その後形成するコバルト合金磁性層の磁化容易軸が膜面垂直方向に配向しやすくなり、面内方向に測定した保磁力が低減するため、面内磁気記録媒体として、基板と磁性層の間に窒素を添加した  $Cr$  下地層を用いることは好ましくないことが示されている。また、同様に基板と磁性層の間に窒素を添加した  $Cr$  下地層を用いた例は、特開平4-64914号公報にも記載されている。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】上記特公平7-101502号公報記載の従来技術、すなわち基板と金属下地層の間に、  $Cr$  を含む金属の酸化物からなり、かつ、厚み方向の酸素濃度が金属下地層方向に連続的又は段階的に減少する特性を有した中間層を有する磁気記録媒体は、線記録密度を増加していくと、出力分解能が低下し、雑音に対する出力の比率も同時に低下するという問題があった。ここで出力分解能とは、磁気記憶装置に用いる磁気記録媒体に対して想定した線記録密度で記録した信号の再生出力に対する孤立再生波の出力の割合を示す指標である。

【0015】また、上記特開平7-57238号公報に記載の従来技術は、  $0.5 \sim 8 \text{ nm}$  の薄さで膜厚を制御しなければならず、大量生産の製品として、膜厚の制御が困難であるという問題があった。望ましくは各層の膜厚は少なくとも  $10 \text{ nm}$  以上とすることが好ましい。

【0016】また、上記特開平8-77543号公報に記載の従来技術は、再生時のノイズが小さく、高い  $S/N$  を示すが、保磁力の温度変化率が大きくなり、磁気記憶装置の性能が温度により変化してしまうという問題があった。磁気記憶装置の性能をいろいろな環境で一定の範囲内に保つためには、磁気記録媒体の保磁力の周囲温度に対する変化率を小さくする必要がある。このように  $H_f$  を大きくして媒体ノイズを小さくすると、保磁力の温度変化率が大きくなる傾向がある。これは  $H_f$  が大きい磁気記録媒体は、外部磁界により磁化が反転する頻度が周囲温度に強く依存するためである。

【0017】前述した磁気抵抗型ヘッドは再生感度が極めて高いため、高記録密度に適している。しかしながら、磁気記録媒体からの再生信号だけでなく、ノイズに対する感度も同時に高くなる。このため、磁気記録媒体には従来以上に低ノイズであることが求められる。

【0018】また、その他の従来技術も、金属下地層と基板の接着強度を向上させたまま、高線記録密度における

る高出力分解能と雑音に対する出力の比率を増加させ、かつ、大量生産に適した構成を探ることは困難であるという問題があった。

【0019】さらに、上記従来技術のすべてが熱搖らぎに対して考慮していないという問題があった。熱搖らぎとは磁化反転の最小単位の体積 $v$ が小さくなると、磁気異方性に対する温度の効果が大きくなり、一度記録した磁化が、長時間放置すると一定の確率で反磁界の影響で反転してしまうことをいう。一般にその効果は $KV/kT$ で表わされ、この値が小さいほど熱搖らぎの影響が大きくなる。例えば、信学技報 (TECHNICAL REPORT OF IEICE) MR 96-4 (1996-06) にこのことについて記載されている。ここで $K$ は磁性膜中の磁性粒の磁気異方性定数、 $V$ は磁性粒子の体積、 $k$ はボルツマン定数、 $T$ は絶対温度である。従来、媒体ノイズ低減の結果、 $V$ の値が減少しており、 $KV/kT$ を一定値に保っておくには $K$ の値を増す必要がある。しかし、 $K$ の値を増すためには、 $H_c$ や残留保磁力 $H_r$ を向上させる必要がある。この際、記録トラック幅 $T_{ww}$ が $1.5 \mu m$ より小さい磁気ヘッドでは $30 dB$ 以上のオーバーライト (OW) が困難になる。このため低ノイズ化と熱搖らぎの問題を両立して解決する方法は知られていなかった。

【0020】本発明の第1の目的は、金属下地層と基板の接着強度を向上させたまま、高線記録密度における、高出力分解能と雑音に対する出力の比率を増加させ、かつ、大量生産に適した磁気記録媒体を提供することにある。本発明の第2の目的は、そのような磁気記録媒体を用いるのに適した磁気記憶装置を提供することにある。

#### 【0021】

【課題を解決するための手段】上記第1の目的を達成するために、本発明の磁気記録媒体は、基板上に、 $Ti$ 、 $Zr$ 、 $Hf$ 、 $V$ 、 $Nb$ 、 $Ta$ 、 $Mo$ 、 $W$ 、 $Si$ 及び $Al$ からなる第1の元素群から選ばれた少なくとも1種の元素の酸化物、 $Cr$ からなる第2の元素及び窒素を含む非磁性中間層を配置し、この上に、金属下地層及び $Co$ 基合金系の磁性膜からなる情報記録層を配置するようにしたものである。

【0022】この磁気記録媒体の非磁性中間層は、さらに上記第1の元素群から選ばれた少なくとも1種の元素を有することが好ましい。また、非磁性中間層を合金ターゲットを用いて製造するとき、 $Fe$ 、 $Y_2O_3$ 等のターゲット形成上不可避の構成元素が非磁性中間層に含まれていても差し支えない。

【0023】また、上記酸化物の量は、化学量論量の酸素を有する化合物として、第2の元素である $Cr$ との合計量の5モル%から70モル%の範囲であることが好ましく、5モル%から50モル%の範囲であることがより好ましい。化学量論量の酸素を有する化合物とは、例えば、選ばれた第1の元素が $Zr$ であるときは $ZrO_2$ で

ある。つまり、上記酸化物の非磁性中間層中の化合物は、 $ZrO_2$ であるときも、 $ZrO_{1-x}$ であるときも、両者の混合されたものであるときもある。しかし、酸化物の量を計算するときは、酸素がすべて $ZrO_2$ の化合物で存在するとして計算する。

【0024】また、上記第1の目的を達成するために、本発明の磁気記録媒体は、基板上に、 $Ti$ 、 $Zr$ 、 $Hf$ 、 $V$ 、 $Nb$ 、 $Ta$ 、 $Mo$ 、 $W$ 、 $Si$ 、 $Al$ 及び $Y$ からなる第1の元素群から選ばれた少なくとも1種の元素の酸化物、 $Cr$ 又は $V$ からなる第2の元素及び窒素を少なくとも含む非磁性中間層を配置し、この上に金属下地層及び $Co$ 基合金系の磁性膜からなる情報記録層を配置するようにしたものである。

【0025】この磁気記録媒体の非磁性中間層は、さらに上記第1の元素群から選ばれた少なくとも1種の元素を有することが好ましい。非磁性中間層を合金ターゲットを用いて製造するとき、 $Fe$ 等のターゲット形成上不可避の元素が非磁性中間層に含まれていても差し支えない。また、上記酸化物の量は、化学量論量の酸素を有する化合物として、上記 $Cr$ 又は $V$ からなる第2の元素との合計量の5モル%から70モル%の範囲であることが好ましく、5モル%から50モル%の範囲であることがより好ましい。

【0026】第2の元素が $V$ であるとき、磁気記録媒体の非磁性中間層は、第1の元素として、 $V$ 以外の元素を少なくとも1モル%以上含むことが好ましく、5モル%以上含むことがより好ましい。最も好ましくは、第1の元素が $V$ 以外の元素からなることである。

【0027】また、上記第1の目的を達成するために、本発明の磁気記録媒体は、基板上に、 $Ti$ 、 $Zr$ 、 $Hf$ 、 $Nb$ 、 $Ta$ 、 $Mo$ 、 $W$ 、 $Si$ 、 $Al$ 及び $Y$ からなる第1の元素群から選ばれた少なくとも1種の元素の酸化物、 $Nb$ からなる第2の元素及び窒素を少なくとも含む非磁性中間層を配置し、この上に金属下地層及び $Co$ 基合金系の磁性膜からなる情報記録層を配置するようにしたものである。

【0028】この磁気記録媒体の非磁性中間層は、第1の元素として、 $Nb$ 以外の元素を少なくとも1モル%以上含むことが好ましく、5モル%以上含むことがより好ましい。最も好ましくは、第1の元素が $Nb$ 以外の元素からなることである。また、この非磁性中間層は、さらに上記第1の元素群から選ばれた少なくとも1種の元素を有することが好ましい。非磁性中間層を合金ターゲットを用いて製造するとき、 $Fe$ 等のターゲット形成上不可避の元素が非磁性中間層に含まれていても差し支えない。また、上記酸化物の量は、化学量論量の酸素を有する化合物として、上記第2の元素である $Nb$ との合計量の5モル%から70モル%の範囲であることが好ましく、5モル%から50モル%の範囲であることがより好ましい。

【0029】いずれの場合も、酸化物の量が5モル%未満では結晶粒が微細になりにくいからである。酸化物の量が5モル%以上では、微結晶構造又は非晶質構造となりやすい。また、窒素濃度は、第2の元素とNの合計に対して0.1 a t. %から50 a t. %の範囲が好ましく、1 a t. %から50 a t. %の範囲がより好ましい。

【0030】非磁性中間層は、厚み方向の酸素濃度が金属下地層方向に連続的に若しくは段階的に又は両者の組合せで減少する構造としてもよい。このとき非磁性中間層の金属下地層側は酸素を含まない部分があつてもよい。つまり、厚み方向の酸素濃度が基板側で高く、金属下地層方向に向かって減少し、酸素濃度がゼロとなった部分がある厚さ存在するような構成であつてもよい。

【0031】このような構造について説明する。非磁性中間層の上部（基板と逆側）には金属下地層が存在する。後述するように金属下地層としては、体心立方構造のCr又はCr合金が好ましく、また、Cr合金としてはTiやZr等の合金が用いられる。このような構成とするとき製造時の条件により、非磁性中間層の酸化物の酸素が金属下地層に移動し、合金を構成する元素と酸化物を形成する場合がある。そのため金属下地層の性質が変化し、例えば、体心立方構造を探らなくなる場合がある。このとき非磁性中間層の上に第2の非磁性中間層としてCrの合金の層を形成しておき、酸素の移動をこの第2の非磁性中間層までとなるようにすれば、非磁性金属下地層は所望の性質を保つことができる。このようにして非磁性中間層の厚み方向の酸素濃度が基板側で高く、金属下地層方向に向かって減少した構造が得られる。

【0032】さらに、いずれの場合も、非磁性中間層は、その厚さが10 nm以上、500 nm以下の範囲であることが好ましく、10 nm以上、50 nm以下の範囲であることがより好ましい。中間層の厚さが10 nm未満の場合、一般的には数秒程度の極短い時間で薄膜を形成する必要があり、膜厚を制御することは難しく、また膜厚が薄いとき、島状に成長し易くなり、均一な厚みとしにくい。また、量産時の効率を上げるために膜厚を500 nm以下とすることが好ましく、50 nm以下とすることがより好ましい。

【0033】Ti、Zr、Hf等の第1の元素は、Cr等の第2の元素より酸化されやすいので、酸素の量が十分あれば、主として酸化物の形で存在する。一方、窒素は、Cr等の第2の元素と反応して、窒化物の形で存在するか、窒素含有固溶体の形で存在する。第2の元素の量により、第1の元素の窒化物の形で存在する場合があつてもよい。

【0034】これらの酸化物を含む非磁性中間層は、X線回折から非晶質又は微結晶と認められる。微結晶であるとき、Cr等の第2の元素を主成分とする結晶粒が窒

素を含有し、さらに、Ti、Zr、Hf等の第1の元素の酸化物を主成分とし、上記結晶粒と異なる相を持つ部分が結晶粒の粒界に偏析して結晶粒が均一に微細化した構造を探り、結晶成長時の粒成長を抑制する効果があると推定される。これらの酸化物は膜中で偏析して存在することは、媒体ノイズの低減と熱搖らぎの低減が同時に可能となるので好ましい。

【0035】一方、いずれの場合も金属下地層は、Cr又はCr合金で体心立方構造（bcc構造）であることが好ましい。さらに、（h k k）配向、例えばh=1、k=0である（100）配向を主体とする結晶構造を有することが好ましい。また、金属下地層は、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、W、Si、Al等の内の少なくとも1種の元素を含んでいてもよい。特に、Ti、V、Nb、Moの内の少なくとも1種の元素を含むことが好ましい。これらの元素の内、Ti、Si等の小さな元素はおよそ25 a t. %位まで、単体で体心立方構造を取らないZr、Hfはそれぞれおよそ10 a t. %、5 a t. %位まで含むことが体心立方構造を保つ上で好ましい。上記の値は大略の値で、各元素についての正確な値が製造方法によることは周知である。

【0036】金属下地層を上記のように体心立方構造（bcc）のCr又はCrを主成分とする合金とし、かつ、その（110）結晶格子の大きさを、六方最密充填構造（hcp）のCo基合金系の情報記録層の（10·1）結晶格子の大きさと実質的に整合するようになると、4 Gb/in<sup>2</sup>以上の高い記録密度においても十分な再生出力が得られるので好ましい。ここで、金属下地層の結晶格子の大きさが、情報記録層の結晶格子の大きさと実質的に整合するとは、それらの結晶格子の大きさの差が±5%程度の範囲にあればよいことを意味する。特に、金属下地膜をCr-Ti又はCr-Mo系合金とし、Ti又はMoの添加濃度を10-30原子%とすると、Co-Cr-Pt系合金の情報記録層との結晶格子の整合性が増すとともに、結晶粒径を小さくすることができるで、媒体ノイズを低減できて好ましい。添加濃度が30%を超えると活性化磁気モーメントvIsが1.5×10<sup>-14</sup> Wb·m以上に大きくなり、結果として媒体ノイズが増大する場合があり、好ましくない。

【0037】また、金属下地層は、情報記録層の結晶粒中の（10·0）面が基板と平行となるように配向成長した結晶粒の比率を増すことができる。その結果、磁性膜の磁化容易軸であるc軸が基板面と平行となり、4 Gb/in<sup>2</sup>以上の高い記録密度においても十分な再生出力が得られる。

【0038】金属下地層の厚みは、非磁性中間層の厚みと同様の理由によって、10 nm以上、500 nm以下とすることが好ましく、10 nm以上、50 nm以下とすることがより好ましい。

【0039】また、いずれの場合もCo基合金系の磁性

膜からなる情報記録層は、膜厚  $t$  を  $10 \text{ nm}$  以上、  $30 \text{ nm}$  以下とし、保磁力  $H_c$  を  $150 \text{ kA/m}$  以上とすると、磁化遷移領域の磁化の乱れが低減して磁化遷移領域の幅が減少し、高記録密度領域においても高い出力が得られるので好ましい。また、 $30 \text{ dB}$  以上の良好な重ね書き（オーバーライト、OW）特性を保証するためには保磁力  $H_c$  は  $320 \text{ kA/m}$  以下とすることが好ましい。OWは以下の定義により測定した。最初に書き込まれた低周波信号の基本波成分  $E_{1F_i}$  と、その上に高周波信号  $E_{2F}$  でもって重ね書きを行なったときの  $E_{1F_i}$  の残留分  $E_{1F_r}$  との比で定義される。すなわち  $OW = -20 \log (E_{1F_r} / E_{1F_i})$

高周波信号  $E_{2F}$  の周波数は想定している最高の線記録密度に対応させた。低周波信号  $E_{1F_i}$  の周波数は前記高周波信号  $E_{2F}$  の  $1/6$  を用いた。

【0040】また、記録時における磁気記録媒体に対する磁気ヘッドの相対的な走行方向に磁界を印加して測定した残留磁束密度  $B_r$  と厚さ  $t$  との積 ( $B_r t$ ) が  $2 \text{ nWb/m}$  (20ガウス・ミクロン) 以上、 $10 \text{ nWb/m}$  (100ガウス・ミクロン) 以下であることが好ましく、 $2 \text{ nWb/m}$  以上、 $8 \text{ nWb/m}$  以下であることがより好ましい。媒体ノイズが低減し、高い媒体  $S/N$  が得られるためである。

【0041】また、活性化磁気モーメント  $v_{Is}$  は、 $0.6 \times 10^{-24} \text{ Wb} \cdot \text{m}$  から  $1.4 \times 10^{-24} \text{ Wb} \cdot \text{m}$  であることが好ましい。さらに、記録状態の熱安定性を示す  $KV/kT$  の値は、 $100$  以上であると、媒体ノイズが小さく、磁気記録後  $24^\circ\text{C}$  に  $105$  時間放置しても再生出力の減少が  $3\%$  以下であるので好ましい。また、 $KV/kT$  の値は、 $150$  以下であると、媒体ノイズが低減し、オーバーライトを  $30 \text{ dB}$  とすることができるので好ましい。特に  $KV/kT$  を  $130$  以下とし、残留保磁力  $H_r$  を  $190 \text{ kA/m}$  以下とすると、記録トラック幅  $T_{ww}$  が  $1.5 \mu\text{m}$  以下の磁気ヘッドでもオーバーライトを  $40 \text{ dB}$  以上とすることが可能なのでより好ましい。残留保磁力  $H_r$  は、 $160 \text{ kA/m}$  以上であることが好ましい。

【0042】情報記録層を 2 層以上に多層とし、各層の間に、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{Ta}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{B}$ 、 $\text{Be}$ 、 $\text{C}$ 、 $\text{Ni-P}$ 、 $\text{NiAl}$ 、酸素の少なくとも一つを主たる成分として、膜厚が  $0.5 \text{ nm}$  以上、 $2 \text{ nm}$  以下である非磁性層を設けてもよい。一般に、単層の情報記録層に比べて媒体ノイズがさらに低下する。

【0043】また、上記第 1 の目的を達成するために、本発明の磁気記録媒体は、基板上に、少なくとも 1 層の下地層を介して  $\text{Co}$  基合金系の磁性膜からなる情報記録層を配置し、この情報記録層の厚さ  $t$  と残留磁束密度  $B_r$  との積 ( $B_r \times t$ ) を  $2 \text{ nWb/m}$  以上、 $8 \text{ nWb/m}$  以下とし、活性化磁気モーメントを  $0.6 \times 10^{-24} \text{ Wb} \cdot \text{m}$  以上、 $1.4 \times 10^{-24} \text{ Wb} \cdot \text{m}$  以下とし、か

つ、 $KV/kT$  の値を  $100$  以上、 $150$  以下としたものである。

【0044】この磁気記録媒体において、上記  $KV/kT$  の値は、 $100$  以上、 $130$  以下であるが好ましい。また、情報記録層の残留保磁力を  $160 \text{ kA/m}$  以上、 $190 \text{ kA/m}$  以下とすることが好ましい。さらに、この磁気記録媒体は、記録後  $24^\circ\text{C}$  に  $105$  時間放置した後の再生出力の減少がないか、又は  $3\%$  以下であることが好ましい。

【0045】さらに、いざれの磁気記録媒体においても、面内でヘッド走行方向と垂直の方向に測定した媒体保護膜表面の中心線平均粗さ  $R_a$  を  $0.3 \text{ nm}$  以上、 $3 \text{ nm}$  以下とすると、ヘッド浮上量が  $0.02 \mu\text{m}$  以上、 $0.1 \mu\text{m}$  以下でも安定に浮上するため好ましい。媒体表面の  $R_a$  を従来より小さい値とした場合、CSS (コンタクト スタート ストップ) 動作時の磁気ヘッドの粘着を防止することが好ましい。そのため、例えば、情報記録層上に保護膜を形成した後に、マスクを用いてプラズマエッキングすることで、表面に高さ  $20 \text{ nm}$  以下の微細な凹凸を形成したり、 $\text{Al-Cr}$  等の低融点金属化合物、混合物のターゲットを用いて保護膜表面に微細な突起が生じるように形成したり、熱処理によって表面に微細な凹凸を形成すると、CSS 動作時に磁気ヘッドと媒体の摩擦力が低減でき、磁気ヘッドが媒体に粘着する問題が回避されるので好ましい。

【0046】さらに、いざれの磁気記録媒体においても、情報記録層の上に、保護層としてカーボン、水素添加カーボン又はカーボンを主たる成分とする非磁性材料を膜厚  $3 \sim 20 \text{ nm}$  形成し、さらに吸着性のパーフルオロアルキルポリエーテル等の潤滑層を膜厚  $1 \sim 5 \text{ nm}$  設けることにより信頼性が高く、高密度記録が可能な磁気記録媒体が得られるので好ましい。

【0047】保護層には  $\text{WC}$ 、 $(\text{W-Mo})-\text{C}$  等の炭化物、 $(\text{Zr-Nb})-\text{N}$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  等の窒化物、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$  等の酸化物、或は  $\text{B}$ 、 $\text{B}_4\text{C}$ 、 $\text{MoS}_2$ 、 $\text{Rh}$  等を用いると耐摺動性、耐食性を向上できるので好ましい。これらの保護膜はマスクを用いて表面をエッギングし、面積比で  $1 \sim 20\%$  の突起を設けるか、成膜条件、組成等を調節し、保護膜中に異なる相からなる突起物を析出せしめることで、保護膜が磁性膜表面に比べて大きな面粗さを有することがより好ましい。

【0048】また、上記第 2 の目的を達成するために、本発明の磁気記憶装置は、上記のいざれの磁気記録媒体と、磁気記録媒体を駆動する駆動部と、記録部と再生部からなり、再生部が磁気抵抗効果型磁気ヘッドで構成される磁気ヘッドと、磁気ヘッドを磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、磁気ヘッドへの信号入力と磁気ヘッドからの出力信号再生を行なうための記録再生信号処理手段とを有するようにしたものである。

【0049】この磁気記憶装置は、上記磁気抵抗効果型

磁気ヘッドの磁気抵抗センサ部が、互いに  $0.3 \mu\text{m}$  以下の距離だけ隔てられた軟磁性体からなる 2 枚のシールド層の間に形成されていることが好ましい。

【0050】軟磁性体からなる 2 枚のシールド層が  $0.3 \mu\text{m}$  以下の距離だけ隔てられることが好ましいのは、 $0.3 \mu\text{m}$  を越えた距離だけ隔てられ、その間に磁気抵抗効果型磁気ヘッドの磁気抵抗センサ部が形成された場合、再生出力の値が小さくなり、出力分解能が得られにくいことによる。また、この距離は工作上の容易さから、 $0.1 \mu\text{m}$  以上とすることが好ましい。

【0051】また、磁気抵抗効果型磁気ヘッドは、互いの磁化方向が外部磁界によって相対的に変化することによって大きな抵抗変化を生じる複数の導電性磁性層と、導電性磁性層の間に配置された導電性非磁性層を含む磁気抵抗センサによって構成されることによっても、再生ヘッドの感度が向上するため、磁気記録媒体の情報記録層の厚さ  $t$  と残留磁束密度  $B_r$  の積  $B_r \times t$  の値を上記の範囲とすることが好ましい。

#### 【0052】

【発明の実施の形態】図 1 は、本発明の磁気記録媒体の一実施の形態の断面構造図である。非磁性の非金属基板 1 の上に、 $T_i$ 、 $Z_r$  等の第 1 の元素群の内の少なくとも 1 種の元素の酸化物と、第 2 の元素（例えば  $C_r$ ）と、窒素を少なくとも含む合金（例えば  $C_r$  合金）からなる非磁性中間層 2' が設けられ、非磁性中間層 2' の上に金属下地層 2 及び情報記録層 3 が積層被着され、さらに保護膜 4、潤滑膜 5 が形成されている。

【0053】非磁性の非金属基板 1 は、 $Al-Mg$  合金円板上に  $Ni-P$  めっきしたものの他、セラミックス、ガラス、化学強化ガラス、結晶化ガラス、チタン、シリコン、カーボン又はガラスグレーティングを施したセラミックスからなる基板等が用いられる。 $Al-Mg$  合金を基板とする場合は、 $Ni-P$ 、 $Ni-W-P$  等のめっきをして用いる。非磁性の非金属基板 1 の外径は 2.5 インチの他、3 インチ、3.5 インチ、1.8 インチ、1.3 インチ等のものが用いられる。

【0054】非磁性中間層 2' の厚み方向の酸素濃度は、金属下地層方向に連続的若しくは段階的に又はその両者の組合せで減少する構造としてもよい。このとき非磁性中間層 2' の金属下地層側は酸素を含まない部分があつてもよい。

【0055】このような構造の非磁性中間層とするのは次の理由による。非磁性中間層 2' の上部（基板と逆側）には金属下地層 2 が存在する。いま、非磁性中間層 2' を  $C_r-Z_rO_2-N$  とし、金属下地層 2 を  $C_r-Z_r$  合金としたとき、製造時の条件により、非磁性中間層の酸化物（ $Z_rO_2$ ）の酸素が金属下地層に移動し、合金を構成する  $Z_r$  と酸化物を形成する場合がある。そのため金属下地層の性質が変化し、例えば、体心立方構造を採らなくなる場合がある。このとき非磁性中間層

2' の上に第 2 の非磁性中間層として  $C_r-Z_r-N$  を形成しておき、酸素の移動をこの第 2 の非磁性中間層までとなるようにすれば、金属下地層は所望の性質を保つことができる。このような製造方法により、非磁性中間層の厚み方向の酸素濃度が非金属基板側で高く、金属下地層方向に向かって減少した構造が得られる。

【0056】非磁性中間層の厚み方向の酸素濃度は変化しなくともよい。例えば非磁性中間層 2' を  $C_r-Z_rO_2-N$  とし、金属下地層 2 を  $C_r-Ti$  合金とすれば

10  $Z_r$  と  $Ti$  の酸素親和性の差から酸素の移動はほとんど起こらない。

【0057】金属下地層 2 は、 $C_r$  又は  $C_r$  合金で体心立方構造（ $bcc$  構造）であることが好ましい。また、金属下地層 2 は、 $Ti$ 、 $Zr$ 、 $Hf$ 、 $V$ 、 $Nb$ 、 $Ta$ 、 $Mo$ 、 $W$ 、 $Si$ 、 $Al$  等の内の少なくとも 1 種の元素を含んでいてもよい。

【0058】情報記録層 3 の組成としては、 $Co-19$  原子%  $C_r-6$  原子%  $Pt$ 、 $Co-20$  原子%  $C_r-8$  原子%  $Pt$  等に代表される  $Co-C_r-Pt$  系、 $Co-20$

$C_r-Pt-Ta$ 、 $Co-Cr-Ta$ 、 $Co-Ni-Cr$ 、 $Co-Ni-Cr-Pt$ 、 $Co-Sm$ 、 $Co-Ni-Pt$ 、 $Co-Ni-P$ 、 $Co-Cr-W$ 、 $Co-Cr-Si$  等、特に一般的に面内磁気記録に用いられている  $Co$  系の合金であれば酸化物を含有していても用いることができる。保護膜 4 としては、カーボン、ボロン、 $SiO_2$  等が用いられる。

【0059】磁気記録媒体は、物理的蒸着法、特に DC スパッタ法を用いて製造する場合に量産効果が期待される。本スパッタ方式の例として、ジャーナル オブ ア 30 プライド フィジックス、75巻、10号、1994年5月15日号 6138 頁 (J. Appl. Phys., vol. 75, p. 6138 (1994)) に記載の方法が知られている。RF スパッタ法、イオンビームスパッタを用いても同様の効果が得られる。

【0060】例えば、各膜をそれぞれ別々の成膜室で形成する枚葉式スパッタ装置で、タクト時間 2.3 秒一定で一枚ずつ順次送り、DC マグネットロンスパッタ法により各膜を形成した。成膜条件は主真空槽の背圧： $5 \times 10^{-8}$  Torr 以下、基板加熱温度：100～300°C、Ar ガス圧：5～30 mTorr、投入電力：ターゲット

40 サイズが 6 インチに対して 1～4 kW である。非磁性中間層 2' の形成は、第 1 の元素の酸化物（例えば  $ZrO_2$ ）と第 2 の元素（例えば  $C_r$ ）からなるターゲットを窒素を含有した雰囲気中で反応スパッタさせることにより得られる。他の方法として、 $C_r-15$  at % V-5 at %  $Zr$  合金に、10 モル% の  $ZrO_2$  を添加したターゲットを用いて、同様な方法で製造することができる。

【0061】非磁性中間層は、室温から 150°C の範囲 50 の温度で形成し、その後基板を 150°C を越え、400

℃以下の範囲の温度に加熱してから金属下地層を形成すると保磁力が向上するので好ましい。また、情報記録層を形成する際の基板温度を200℃以上、400℃以下とすると、情報記録層中のCrの偏析が促進されてHcが向上するので好ましい。

【0062】〈実施例1〉外径65mm、内径20m  
m、厚さ0.635mmの化学強化ガラス基板を洗浄  
後、DCインラインスペッタ装置内で加熱せずに真空状  
態を形成し、窒素を10%（容量%、以下同じ）添加し  
たArガス中で、放電ガス圧力20mTorrでCr-  
10モル%ZrO<sub>2</sub>ターゲットをスペッタすることによ  
り、優位的に酸化したZrと窒素を同時に含有したCr  
合金の非磁性中間層2'を25nmの厚さに形成した。  
その後、基板実温度が250°Cになるように加熱した。

【0063】非磁性中間層を形成後の連続したプロセスでは、窒素を添加せずに、Cr-Ti合金からなる金属下地層2を30nmの厚さに、Co-20at%Cr-8at%Ptからなる情報記録層3を15.4nmの厚さに形成した。酸化物を含有したCr合金からなる非磁性中間層2'、金属下地層2、情報記録層3等は独立した真空槽で薄膜形成することにより、容易に窒素を優位に含まない雰囲気制御が可能となる。さらに、主として炭素から構成される保護膜4を厚さが実質的に13nmとなるように形成後、液体潤滑剤により潤滑膜5を形成した。

【0064】オージェ分析により、上記のCr合金の非磁性中間層2'には、CrとNの合計に対しておよそ31原子%の窒素が含まれていることが確認された。ここでオージェ信号強度( $dN(E)/dE$ )として、窒素については379eV、Crについては577eVの信号を用いて算出した。

【0065】なお、合金ターゲットに含まれるFe、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等、ターゲット形成上不可避の構成元素を含んでも何ら本発明には影響しない。ターゲット中に混入する元素の鉄は、原料粉碎時に混入する程度の微量である。一方、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>はZrO<sub>2</sub>焼結時に生じる相変態に伴う大きな体積変化を抑制できるため、ある程度の量を含有されることが好ましい。

【0066】上記磁気記録媒体について、磁気的な浮上高さを75nmとして電磁変換特性を測定した。書き込み素子のギャップ長さを0.6μm、読み出し素子のシールドギャップ長を0.25μmとした。センス電流密度を30MA/cm<sup>2</sup>とした。 172kFCI (4.03MHz) と 180kFCI (42.94MHz) における出力は、5kFCI (1.19MHz) における孤立再生波の出力に対してそれぞれ、22.6%、18.7%であった。また、孤立再生波の出力 (SLF) と 2F の媒体ノイズ (Nd) の割合  $SLF_{op}/Nd$  は、それぞれ、34.7、35.6 であった。すなわち次式で示される対数表示では、 $SLF/Nd$  は、それ

それ、30.8 dB、31.0 dBであった。

$$SLF/Nd = 20 \log [E(5kFCI)_{pp}/2Nd]$$

上式で  $N_d$  計算時の帯域は、172 kHz CI と 180 kHz CI に対してそれぞれ、0.5 MHz から 6.2 MHz、0.5 MHz から 6.5 MHz とした。

【0067】上記磁気記録媒体について、X線ディフラクトメータを用いて、結晶配向性を評価した。X線源にはモノクロメータで単色化した  $Cu K\alpha$  線を用いた。

10 その結果、上記非磁性中間層及び金属下地層に起因すると考えられる回折ピークは110のみ認められ、200回折ピークは認められなかった。また、情報記録層に起因すると考えられる回折ピークとして10・0と10・1が認められ、特に10・0の回折強度が高かった。

【0068】上記のようにこの磁気記録媒体は、磁気的な浮上高さが65nmから81nmの間で、線記録密度が172kFCIから200kFCI程度のとき、これらの線記録密度に対する孤立再生波の出力の割合が大きくなつた。

20 【0069】なお、上記ターゲットに用いた $ZrO_2$ に代えて $Ti$ 、 $Hf$ 、 $V$ 、 $Nb$ 、 $Ta$ 、 $Mo$ 、 $W$ 、 $Si$ 及び $Al$ の内の1種の酸化物又は2種以上の酸化物を同じモル%用いた場合もほぼ同様の結果が得られた。

【0070】〈比較例1〉前記と同様に基板を洗浄後、DCスパッタ装置内で加熱せずに真空状態を形成し、窒素を10%添加したArガス中で、放電ガス圧力20m TorrでCrターゲットをスパッタすることにより、窒素を含有したCr合金からなる非磁性中間層2'を25nmの厚さに形成した他は実施例1と同様のプロセスで磁気記録媒体を形成し、電磁変換特性を測定した。すなわち、この磁気記録媒体は、非磁性中間層形成時のスパッタターゲット材料をZrO<sub>2</sub>を含有しないCrへ変更したものである。

【0071】その結果、172 kFCI と 180 kFCI における出力は、5 kFCI における孤立再生波の出力に対してそれぞれ、21.3%、17.9% であった。また、孤立再生波の出力と 2F の媒体ノイズの割合

SLF<sub>0</sub> / N d は、それぞれ、32.9、32.2 であった。すなわち対数表示では、SLF / N d は、それぞれ、30.4 dB、30.2 dB であった。これらの結果から、実施例 1 に比べ本比較例では、出力分解能と SLF / N d が低下することが分かった。

【0072】(比較例2)前記の同様に基板を洗浄後、DCスパッタ装置内で加熱せずに真空状態を形成し、窒素を添加しないArガス中で、放電ガス圧力20mTorrでスパッタすることにより、優位的に酸化したZrを含有したCr合金非磁性中間層2'を25nmの厚さに形成した他は実施例1と同様にして磁気記録媒体を形成した。すなわち、本比較例は実施例1に記載のCrを主成分とする合金の非磁性中間層2'形成時の放電ガス

から窒素を除いた場合に相当する。

【0073】上記媒体について電磁変換特性を測定した結果、172kFCIと180kFCIにおける出力は、5kFCIにおける孤立再生波の出力に対してそれぞれ19.3%、16.2%であった。また、孤立再生波の出力と2Fの媒体ノイズの割合SLF<sub>0.0</sub>/Ndは、それぞれ22.5、21.9であった。すなわち対数表示では、SLF/Ndは、それぞれ、27.1dB、26.8dBであった。

【0074】これらの結果から、実施例1に比べ本比較例では窒素を含有させずにCrを主成分とする合金からなる非磁性中間層2'を形成すると、出力分解能とSLF/Ndが低下することが分かった。

【0075】(比較例3) 比較例2と同様にして、非磁性中間層2'形成時に窒素を添加せずに、また、スパッ

ターゲットにZrO<sub>2</sub>を添加せずに非磁性中間層2'を形成した他は実施例1と同様にして磁気記録媒体を形成した。すなわち、本比較例は非磁性中間層2'に窒素を含まず、また、ZrO<sub>2</sub>を含まない。

【0076】上記媒体について電磁変換特性を測定した結果、172kFCIと180kFCIにおける出力は、5kFCIにおける孤立再生波の出力に対してそれぞれ19.8%、16.7%であった。また、孤立再生波の出力と2Fの媒体ノイズの割合SLF<sub>0.0</sub>/Ndは、それぞれ28.1、27.5であった。すなわち対数表示では、SLF/Ndは、それぞれ、29.0dB、28.8dBであった。これらの磁気記録媒体の磁気特性を表1に示す。

【0077】

【表1】

表1

構成	実施例1	比較例1	比較例2	比較例3
放電ガス	Ar+10%N <sub>2</sub>		Ar	
ターゲット	Cr+ZrO <sub>2</sub>	Cr	Cr+ZrO <sub>2</sub>	Cr
B <sub>rt</sub> (Gau)	62	54	59	54
B <sub>r</sub> (kG)	4	3.52	3.85	3.54
H <sub>c</sub> (kOe)	1.91	1.75	1.83	1.78
S*	0.735	0.719	0.739	0.714
S	0.831	0.785	0.822	0.759
v <sub>1</sub> s (E-15emu)	1.10	1.16	1.36	1.21

【0078】表1に示したB<sub>rt</sub>、S\*、S、v<sub>1</sub>sは、それぞれ残留磁化と情報記録層の膜厚の積、保磁力角形比、角形比、活性化磁気モーメントを示している。活性化磁気モーメントv<sub>1</sub>sの測定方法は、例えば、ジャーナル オブ マグネティズム アンド マグнетイック マテリアルズ、第152巻(1996)411~416頁(Journal of Magnetism and Magnetic Materials, vol. 152 (1996) pp. 411~416)又は信学技報(TECHNICAL REPORT OF IEICE)MR96-4(1996-06)に記載されている方法を用いた。このv<sub>1</sub>sと高線記録密度におけるノイズの関係を調べた結果、定性的にv<sub>1</sub>sの減少と共に媒体ノイズは低下しており、両者に強い相関があることが分かった。

【0079】高線記録密度(2F)における出力と媒体ノイズの割合S/Ndを次式で定義した。

$$S/Nd = 20 \log [E(2F) pp / 2Nd]$$

172kFCIと180kFCIで測定したS/Ndと出力分解能の関係は、いずれの線記録密度でも、実施例1に示した磁気記録媒体が比較例1、2のそれよりもS/Ndと出力分解能が高かった。

【0080】172kFCIにおけるノイズとv<sub>1</sub>sの関係で、実施例1に示した磁気記録媒体のNdに比べ、

比較例1に示した磁気記録媒体のNdは低かったが、172kFCIにおける出力は実施例1の方が比較例1に比べ大きかったために、S/Ndは実施例1に示した磁気記録媒体が最も高かった。これらの結果を図2aから図7bに示す。

【0081】(実施例2) これらの磁気記録媒体について、同一ヘッドを用いて周波数を変化させ、200kFCIにおける電磁変換特性を評価した。その結果、200kFCIにおける出力分解能は180kFCIにおける値に比べ小さくなるものの、実施例1に示した磁気記録媒体の出力分解能R<sub>e</sub>及びSLF/Nd、S/Ndが比較例に記載した磁気記録媒体に比べ大きかった。

【0082】(実施例3) また、これらの磁気記録媒体について、同一ヘッドを用いて磁気記録媒体の回転数を変化させることによりヘッドの浮上量h<sub>m</sub>を変化させ、172kFCIにおける電磁変換特性を評価した。その結果、h<sub>m</sub>=5.6nm、6.5nm、8.1nmの場合でも、実施例1に示した磁気記録媒体の出力分解能R<sub>e</sub>及びSLF/Nd、S/Ndが比較例に記載した磁気記録媒体に比べ大きかった。

【0083】(実施例4) 放電ガス圧力を20mTorに一定にして、Ar中に含有する窒素濃度を3%又は5%とした他は実施例1の記載と同様にして磁気記録媒体を形成し、これらの磁気記録媒体のv<sub>1</sub>sを測定し

た。その結果を図8に示す。窒素を無添加で非磁性中間層を形成した比較例2の場合に比べ、窒素添加濃度を3～5%とした場合には、 $v_{Is}$ 値は小さくなつた。さらに、窒素添加濃度を10%にした場合には、窒素添加濃度を3～5%とした場合に比べ更に $v_{Is}$ 値は小さくなつた。このように窒素を添加して形成した媒体の $v_{Is}$ 値は小さくなる。なお、窒素添加濃度が3%、10%では、非磁性中間層中にそれぞれ約19原子%、約31原子%の窒素がCrに対して含まれる。

【0084】また、非磁性中間層の膜厚を10nmから100nmまで変化させた試作円板でも、上記と同様の傾向を有する優れた記録再生特性が得られた。

【0085】〈実施例5〉実施例1と同様に窒素を添加したArガス中で、放電ガス圧力20mTorrでスペッタすることにより、優位的に酸化したZrと窒素を同時に含有したCr合金非磁性中間層を25nmの厚さに形成した。次に、同様に窒素を10%添加したArガス中で、放電ガス圧力20mTorrでCrターゲットをスペッタすることにより、窒素を含有したCr合金からなる第2の非磁性中間層を形成し、他は実施例1と同様にして磁気記録媒体を形成した。

【0086】第2の非磁性中間層を形成後、基板が250℃になるように加熱されているため、酸素量は、非磁性中間層の基板側から第2の非磁性中間層の金属下地層側にかけて減少するような傾向になつた。なお、基板の材料や条件によって、基板中の酸素が非磁性中間層に移動する場合もある。

【0087】この磁気記録媒体の172kFCI(4.03MHz)と180kFCI(42.94MHz)における出力及び孤立再生波の出力(SLF)と2Fの媒体ノイズ(Nd)の割合SLF/Ndは、いずれも比較例1、2、3より優れていた。

【0088】〈実施例6〉測定に用いた磁気ヘッドの模式的斜視図を図9に示す。基板上にCo系の非晶質合金からなる下部シールド10を設け、その後アルミナからなる第1のスペーサ20を形成する。MR素子部100を形成後ハードバライスの磁区制御膜60を形成し、電極70を形成した。その後、再びアルミナからなる第2のスペーサ30を形成後、スペッタ法でパーマロイ系の上部シールド90、アルミナからなるライトギャップ部40、レジストからなる絶縁体130、めつきコイル120、パーマロイからなる上部コア110を形成し、切断、アセンブリにより磁気ヘッド204とした。

【0089】次にこの磁気ヘッドを用いた磁気記録装置の模式的斜視図を図10に示す。この磁気記録装置は、磁気記録媒体203と、これを記録方向に駆動する駆動部202と、記録部と再生部からなる磁気ヘッド204と、磁気ヘッド204を磁気記録媒体203に対して相対運動させるためのガイドアーム205と、磁気ヘッドへの信号入力と磁気ヘッドからの出力信号再生を行なう

ための記録再生信号処理回路201を有する。この磁気記録装置において、磁気ヘッドの再生部が磁気抵抗効果型磁気ヘッドで構成され、磁気抵抗センサ部が互いに0.25μmの距離だけ隔てられた軟磁性体からなる2枚のシールド層の間に形成されており、かつ、センス電流密度を22MA/cm<sup>2</sup>、磁気的な浮上量、すなわち、磁気記録媒体の情報記録層の表面から読み出し素子のギャップセンサー表面までの浮上高さを72nmとして、前記の磁気記録媒体について172kFCIで電磁変換特性を測定した。その結果は前述の結果と定性的に同様の結果が得られた。

【0090】〈実施例7〉実施例6で用いた磁気抵抗効果型磁気ヘッドの代りに、その磁気抵抗センサ部が互いに0.2μmだけ隔てられた軟磁性体からなる2枚のシールド層の間に形成された磁気抵抗効果型磁気ヘッドを用いた他は、実施例5と同様にして磁気記録媒体の電磁変換特性を評価した。その結果、172kFCIにおける出力に対する5kFCIの孤立再生波の出力の割合は、磁気抵抗センサ部が互いに0.25μmだけ隔てられた軟磁性体からなる2枚のシールド層の間に形成されたヘッドを用いた場合に比べ、互いに0.2μmだけ隔てられた軟磁性体からなる2枚のシールド層の間に形成されたヘッドを用いた場合の方が出力分解能が大きくなつた。

【0091】〈実施例8〉実施例6で用いた磁気抵抗効果型磁気ヘッドの代りに、互いの磁化方向が外部磁界によって相対的に変化することによって大きな抵抗変化を生じる複数の導電性磁性層と、この導電性磁性層の間に配置された導電性非磁性層を含む磁気抵抗センサによって構成される磁気ヘッドを用いた以外は、図10と同一の構成で磁気記録装置を構成した。測定に用いた磁気記録媒体のBr×tは1.5、2、4、6、2、8、5、10nWb/m(15、20、40、62、85、100ガウス・ミクロン)とした。Br×tを1.5nWb/mとした場合には、磁気記録媒体の保磁力低下が甚だしく、実用上好ましい保磁力を得ることが難しく、また10nWb/mを越えると、2Fの出力は大きいものの出力分解能が低下するため好ましくないことが明らかになつた。

【0092】〈実施例9〉外径65mm、内径20mm、厚さ0.635mmのガラスディスク基板に付着した研磨材等の汚れを洗浄して乾燥させた。この基板を枚葉式直流マグネットロンスペッタ装置の基板仕込み室に装填して真空に排気した後、基板を非磁性中間層形成室、加熱室、金属下地層形成室、磁性膜形成室、保護膜形成室及び取り出し室の順に、真空度 $5 \times 10^{-8}$ Torr以下の中排気槽を介しながら搬送し、それぞれの室でそれぞれの膜を形成した。製造した磁気ディスクの断面構造は図1に示したものと同じである。

【0093】まず、基板を洗浄後、DCインラインスペ

シタ装置内で加熱せずに真空状態を形成し、窒素を10%添加したArガス中で、放電ガス圧力2.66Pa(20mTorr)でCr-10モル%ZrO<sub>2</sub>ターゲットをスパッタすることにより優位的に酸化したZrと、窒素を同時に含有したCr合金の非磁性中間層2'を25nmの厚さに形成した。

【0094】非磁性中間層を形成後の連続したプロセスでは、窒素を添加せずに、Cr-20at.%Ti合金からなる金属下地層2を30nmの厚さに、Co-21.5at.%Cr-9at.%Ptからなる情報記録層3を18nmの厚さに形成した。酸化物を含有した非磁性中間層2'、金属下地層2、情報記録層3等は独立した真空槽で薄膜形成することにより、容易に窒素を優位的に含まない雰囲気制御が可能となる。

【0095】さらに、この情報記録層3の上に1.33Paのアルゴン圧のもとでターゲットに1.5kWの電力を加えて、膜厚9nmの主として炭素から構成される保護膜4を形成した。そして、保護膜4上に吸着性のペーフルオロアルキルポリエーテル等の潤滑膜5を形成して2.5インチ磁気ディスクとした。

【0096】オージェ分析により上記非磁性中間層2'にはCrとNの合計に対しておよそ16原子%の窒素が含まれていることが確認された。また本磁気ディスクのvIsは1.4×10<sup>-24</sup>Wb·m、Hcは178kA/m、Hrは185kA/mであった。なお、合金ターゲットに含まれるFe、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等、ターゲット形成上不可避の構成元素が含まれてもなんら本発明には影響しない。

【0097】上記磁気ディスクについて、磁気的な浮上高さを56nmとして電磁変換特性を測定した。記録再生特性の評価には、磁気ヘッドとして、記録用にギャップ長0.3μm、トラック幅1.5μm、巻線数17回の薄膜型ヘッド、再生用にシールド間隔0.2μm、トラック幅1μmのGMRヘッドを有する記録再生分離型ヘッドを用い、センス電流密度を400MA/cm<sup>2</sup>とし、線記録密度300kFCIのときのS/Ndの値を求めた。

【0098】5.9kFC/mm(150kFCI)における出力は、孤立再生波の出力に対して45%であった。また次式で示される197FC/mm(5kFCI)における孤立再生波の出力(SLF)と11.8kFC/mm(300kFCI)における媒体ノイズ(Nd)の割合SLF/Ndは27.2dBであった。次式でNd計算時の帯域は0.5MHzから75MHzとした。

$$SLF/Nd = 20 \log [E(5kFCI) pp / 2Nd]$$

また、この磁気ディスクから8mm角の試料を切り出し、信学技報(TECHNICAL REPORT OF IEICE) MR96-4(1996-06)に記

載の方法で記録状態の熱的安定性を表すKV/kT値を測定した。その結果、この値は室温で103であった。

【0099】この磁気ディスクの再生出力について197FC/mm(5kFCI)から11.8kFC/mm(300kFCI)における信号を記録後1分間放置してからその際の再生出力を25回計測し、24°Cに105時間放置して再生出力の経時変化を測定した。197FC/mm(5kFCI)における再生出力信号はデジタルオシロスコープ(Tektronix TDS544A)で、11.8kFC/mm(300kFCI)における再生信号出力はHP社製スペクトラムアナライザHP8560Eで測定した。いずれの線記録密度でも再生出力の減少は観測されず、出力の低下は1%未満の測定精度で認められなかった。

【0100】さらに本実施例における金属下地層として、Cr-Tiの代わりに、Cr-10原子%Mo、Cr-20原子%V、Cr-20原子%Nbを用いた磁気ディスクを製造し、その特性を評価した。

【0101】その結果、vIsの値は1×10<sup>-24</sup>Wb·mから1.4×10<sup>-24</sup>Wb·mであり、KV/kT値は100~140であった。Hrが160kA/m以上、190kA/mではTww=1.5μmのヘッドでOWが40dB以上あった。一方、Hrが190kA/mを超えるとOWが40dBはとれなかった。

【0102】(実施例10)実施例9に記載のCr-10モル%ZrO<sub>2</sub>ターゲットに変えて、(Cr-15at.%Nb)-10モル%ZrO<sub>2</sub>ターゲット、(Cr-15at.%V)-10モル%ZrO<sub>2</sub>ターゲット、Vに(V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-MoO<sub>3</sub>-WO<sub>3</sub>)の混合物を重量で15%添加したターゲット、Nb-10モル%S<sub>2</sub>O<sub>2</sub>ターゲット又はCr-5モル%ZrO<sub>2</sub>-5モル%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>ターゲットを非磁性中間層として用い、情報記録層形成用のターゲットをCo-21.5at%Cr-8at%Pt、Co-23at.%Cr-8at.%Pt又はCo-23at.%Cr-10at.%Ptを用いた他は、すべて実施例9と同様にして媒体を形成した。

【0103】この磁気ディスクのvIsの値は、0.6×10<sup>-24</sup>Wb·mから1.4×10<sup>-24</sup>Wb·mであり、かつ、記録状態の熱安定性を示すKV/kTの値が100よりも大きく150よりも小さい値であった。いずれの場合も媒体ノイズは7μVrmsよりも小さく、OWが30dB以上あり、出力低下は認められなかった。Hrが190kA/m以下で、KV/kTが130以下の場合にはOWが40dB以上あった。

【0104】(比較例4)実施例9と同様にして基板を洗浄後、DCスパッタ装置内で加熱せずに真空状態を形成し、窒素を10%添加したArガス中で、放電ガス圧力を2.66Pa(20mTorr)でCrターゲットをスパッタすることにより、窒素を含有した非磁性中間層2'を25nmの厚さに形成した他は、実施例9と同

様のプロセスで磁気記録媒体を形成し、電磁変換特性を測定した。すなわち、この磁気記録媒体は非磁性中間層形成時のスペッターゲット材料を  $ZrO_3$  を含まない  $Cr$  へ変更したものである。

【0105】その結果、 $vI$  s は  $1.5 \times 10^{-24} Wb \cdot m$  であり、 $5.9 kFC/mm$  ( $150 kFCI$ ) における出力は、孤立再生波の出力に対して 4.2% であった。また上式で示される  $197 FC/mm$  ( $5 kFCI$ ) における孤立再生波の出力 (SLF) と  $11.8 kFC/mm$  ( $300 kFCI$ ) における媒体ノイズ (Nd) の割合  $SLF/Nd$  は 26.0 dB であった。

【0106】これらの結果から、実施例 9 に比べ本比較例では、出力分解能と  $SLF/Nd$  が低下することが明らかになった。上記磁気記録媒体から  $8 mm$  角の試料を切り出し、 $KV/kT$  値を測定した。その結果、この値は室温で  $101.8$  であった。

【0107】(比較例 5) 実施例 9 と同様にして基板を洗浄後、DC スペッタ装置内で加熱せずに真空状態を形成し、窒素を添加しない Ar ガス中で、放電ガス圧力を  $2.66 Pa$  ( $20 mTorr$ ) でターゲットをスペッタすることにより、優位的に酸化した  $Zr$  を含有した  $Cr$  合金からなる非磁性中間層 2' を  $25 nm$  の厚さに形成した他は、実施例 9 と同様のプロセスで磁気記録媒体を形成し、電磁変換特性を測定した。すなわち、この磁気記録媒体は、実施例 9 に記載の  $Cr$  を主成分とし、酸化物を含有する非磁性中間層形成時の放電ガスから窒素を除いた場合に相当する。

【0108】その結果、 $vI$  s は  $1.8 \times 10^{-24} Wb \cdot m$  であり、 $5.9 kFC/mm$  ( $150 kFCI$ ) における出力は、孤立再生波の出力に対して 3.9% であった。また上式で示される  $197 FC/mm$  ( $5 kFCI$ ) における孤立再生波の出力 (SLF) と  $11.8 kFC/mm$  ( $300 kFCI$ ) における媒体ノイズ (Nd) の割合  $SLF/Nd$  は 23.1 dB であった。

【0109】これらの結果から、実施例 9 に比べ本比較例では、出力分解能と  $SLF/Nd$  がともに低下することが明らかになった。上記磁気記録媒体から  $8 mm$  角の試料を切り出し、 $KV/kT$  値を測定した。その結果、この値は室温で  $120$  であった。

【0110】(比較例 6) 実施例 9 と同様にして基板を洗浄後、DC スペッタ装置内で加熱せずに真空状態を形成し、窒素を添加しない Ar ガス中で、放電ガス圧力を  $2.66 Pa$  ( $20 mTorr$ ) でターゲットをスペッタすることにより、表面を優位的に酸化した  $Zr$  を含有した  $Cr$  合金からなる非磁性中間層 2' を  $25 nm$  の厚さに形成し、さらに情報記録層の組成を  $Co - 23 at. % Cr - 7 at. % Pt$  に変更した他は、実施例 9 と同様のプロセスで磁気ディスクを形成し、磁気的な浮上量を  $56 nm$ 、 $62 nm$  として電磁変換特性を測定した。

【0111】その結果、 $vI$  s は  $1.15 \times 10^{-24} Wb \cdot m$  であり、前述の式で示される  $197 FC/mm$  ( $5 kFCI$ ) における孤立再生波の出力 (SLF) と  $10.2 kFC/mm$  ( $260 kFCI$ ) における媒体ノイズ (Nd) の割合  $SLF/Nd$  は、各浮上量に対してそれぞれ  $30.97$ 、 $30.09$  dB であった。

【0112】上記磁気ディスクから  $8 mm$  角の試料を切り出し、記録状態の熱的安定性をあらわす  $KV/kT$  値を測定した。その結果、この値は室温で  $100$  であった。この磁気ディスクに  $197 FC/mm$  ( $5 kFCI$ ) から  $10.2 kFC/mm$  ( $260 kFCI$ ) の信号を記録後、これらの信号記録密度における再生出力の時間変化を観測した。その結果 4 日間経過時点で磁気的な浮上量を  $62 nm$  とした場合、図 11 に示すように、 $197 FC/mm$  ( $5 kFCI$ ) の再生出力は 4% 程度減少した。また、 $10.2 kFC/mm$  ( $260 kFCI$ ) における再生出力は磁気的な浮上量を  $56$  から  $62 nm$  とした場合約 8% 減少していることが明らかになった。

【0113】こうして形成した磁気ディスクの静磁気特性 (保磁力  $Hc$ 、角形比  $S*$ ) を以下の方法により評価した。静磁気特性は、上記磁気ディスクを、その半径  $20 mm$  の位置から  $8 mm \times 8 mm$  の略正方形形状に切り出し、片面の磁性膜を削り落とした試料を作製し、振動試料型磁力計 (VSM) を用いて最大印加磁界を  $13 kOe$  として面内方向の静磁気特性を求めた。この媒体の磁気特性は以下の通りである。保磁力は  $160 kA/m$  ( $2.0 kOe$ )、 $B_{rt} = 6.79 nWb/m$ 、 $S* = 0.59$ 、 $S = 0.64$  であった。

【0114】(実施例 11) 実施例 9 と同様にして基板を洗浄後、DC スペッタ装置内で加熱せずに真空状態を形成し、窒素を添加した Ar ガス中で、放電ガス圧力を  $2.66 Pa$  ( $20 mTorr$ ) でターゲットをスペッタすることにより、表面を優位的に酸化した  $Zr$  を含有した  $Cr$  合金中間層 A' を  $25 nm$  の厚さに形成し、さらに情報記録層の組成を  $Co - 23 at. % Cr - 7 at. % Pt$  に変更した他は、実施例 9 と同様のプロセスで磁気ディスクを形成し、磁気的な浮上量を  $56 nm$ 、 $62 nm$  として電磁変換特性を測定した。

【0115】その結果、 $vI$  s は  $1.2 \times 10^{-24} Wb \cdot m$  であり、前述の式で示される  $197 FC/mm$  ( $5 kFCI$ ) における孤立再生波の出力 (SLF) と  $10.2 kFC/mm$  ( $260 kFCI$ ) における媒体ノイズ (Nd) の割合  $SLF/Nd$  は各浮上量に対してそれぞれ  $31.19$ 、 $29.87$  dB であった。

【0116】上記磁気ディスクから  $8 mm$  角の試料を切り出し、記録状態の熱的安定性を表す  $KV/kT$  値を測定した。その結果、この値は室温で  $110.4$  であった。

【0117】この磁気ディスクに  $197 FC/mm$  ( $5 kFCI$ )

kFCI) から 10. 2 kFC/mm (260 kFCI) の信号を記録後、これらの信号記録密度における再生出力の時間変化を観測した。その結果4日間経過時点での磁気的な浮上量を 62 nm とした場合 197 FC/mm (5 kFCI) と 10. 2 kFC/mm (260 kFCI) における再生出力は磁気的な浮上量を 56 から 62 nm とした場合に認められないことが明らかになった。

【0118】こうして形成した磁気ディスクの静磁気特性は以下の通りである。保磁力は 176 kA/m (2. 2 kOe) 、  $B_{rt} = 7. 21 \text{ nWb/m}$  、  $S^* = 0. 65$  、  $S = 0. 70$  であった。

【0119】(実施例12) 非磁性中間層の材料を変えて試作した媒体のX線回折曲線を図12に示す。測定は理学電機株式会社製X線回折装置RINTによる。銅の回転対陰極を用い、電流を 100 から 160 mA、加速電圧を 50 kV とした。サンプリング幅を 0. 02 度、走査速度を 2 度/分、発散スリットを 1 度、散乱スリットを 1 度、受光スリットを 0. 3 mm とした。モノクロメータを使用し、モノクロメータ受光スリットを 0. 45 mm とした。走査角度の範囲を 2θ で 30 度から 90 度までとして  $\theta - 2\theta$  走査を行なった。

【0120】測定に用いた試料構成は、表面から、C保護膜/Co-Cr-Pt情報記録層(厚さ 15 nm) /Cr-Ti金属下地層(厚さ 30 nm) /Cr-(ZrO<sub>2</sub>) 非磁性中間層(厚さ 25 nm) /化学強化ガラス基板である。

【0121】回折曲線の低角側から、(1) hcp構造をとる(Co-Cr-Pt)情報記録層の 10·0 回折ピーク、(2) bcc構造をとる(Cr-Ti)金属下地膜の 110 回折ピーク、(3) 同じく bcc 構造をとる非磁性中間層の 110 回折ピーク、(4) hcp構造をとる(Co-Cr-Pt)情報記録層の 10·1 回折ピークが認められた。これらの回折ピークのうち、

(2) の(Cr-Ti)金属下地膜による回折強度がもっとも大きい。(1) ~ (4) 以外の回折ピークは走査した範囲(30~90度)で見出せなかった。hcp構造をとる(Co-Cr-Pt)情報記録層の 10·0 回折ピークが認められたことから、金属下地膜中に 211 配向した微結晶が存在する可能性がある。

【0122】図中Aで示す回折曲線は、比較例であって、非磁性中間層を酸化物を含まないCrを低ガス圧力(1. 06 Pa)のAr(N<sub>2</sub>を含まない)で形成した場合、図中Bで示す回折曲線は、比較例であり、非磁性中間層を酸化物を含まないCrを高ガス圧力(2. 66 Pa)のAr(N<sub>2</sub>を含まない)で形成した場合、図中Cで示す回折曲線は、比較例であり、非磁性中間層を酸化物を含まないCrを高ガス圧力(2. 66 Pa)の10容量%窒素を添加したArで形成した場合、図中Dで示す回折曲線は、実施例であり、非磁性中間層を ZrO<sub>2</sub>

を含むCrを高ガス圧力(2. 66 Pa)の10容量%窒素を添加したArで形成した場合、図中Eで示す回折曲線は、比較例であり、非磁性中間層を ZrO<sub>2</sub>を含むCrを高ガス圧力(2. 66 Pa)のAr(N<sub>2</sub>を含まない)で形成した場合である。

【0123】非磁性中間層を低ガス圧力(1. 06 Pa)で形成した場合(A)、最も結晶性が高い。非磁性中間層を高ガス圧力(2. 66 Pa)のArで形成した場合(B)は、(A)に比べて非磁性中間層と金属下地層の回折強度は低下し、結晶性は低下した。さらに放電ガス中に 10容量%窒素を添加すると(C)、さらに結晶性が低下し、特に非磁性中間層の回折強度が減少した。

【0124】(Cr-ZrO<sub>2</sub>) 非磁性中間層を高ガス圧力(2. 66 Pa)のArで形成した場合(E)、酸化物を含まないCrの非磁性中間層の場合(B)に比べ、非磁性中間層と金属下地層の回折強度は低下し、結晶性は一層低下した。さらに、放電ガス中に 10容量%窒素を添加した場合(D)、金属下地層の回折強度は減少した。

【0125】いずれの非磁性中間層形成条件でも hcp構造をとる情報記録層の 10·0 及び 10·1 回折ピークが観測され、非磁性中間層や金属下地層の結晶性が低下すると Co 10·0 の配向性がわずかに増加した。

【0126】以上の測定結果から、比較的結晶性の高い系として窒素を添加しないArだけで中間層を形成した系を選択して、非磁性中間層の結晶性を調べた。測定に用いる特性X線の波長を  $\lambda$ 、回折曲線の半値幅を  $B$  [rad]、半値幅を測定する回折ピークの角度を  $2\theta_b$  とすると次式で示す Scherrer の式により中間層の結晶粒径  $t$  が予備的に評価できる。

【0127】 $t = 0. 9\lambda \cdot \cos(2\theta_b)$   
Ar放電ガス圧力を変えて形成したCr及び(Cr-ZrO<sub>2</sub>) 非磁性中間層の 110 回折曲線を図13に示す。放電ガス圧力の増加に伴い、Crのみの非磁性中間層の 110 回折強度は減少した。(Cr-ZrO<sub>2</sub>) 非磁性中間層の 110 回折強度は放電ガス圧力によらずCrのみの非磁性中間層の 110 回折強度より弱い。非磁性中間層の 110 回折ピークから格子定数と放電ガス圧力の関係を求めたところ、放電ガス圧力の増加に伴い格子定数は増加した。放電ガス圧力によらず、(Cr-ZrO<sub>2</sub>) 非磁性中間層の格子定数はCrのみの非磁性中間層の格子定数よりもわずかに大きい。

【0128】放電ガス圧力を変えて形成したCr及び(Cr-ZrO<sub>2</sub>) 非磁性中間層の 110 回折ピークの半値幅と放電ガス圧力の関係を図14に示す。放電ガス圧力の増加に伴い、非磁性中間層の 110 回折ピークの半値幅は増加した。放電ガス圧力によらず、(Cr-ZrO<sub>2</sub>) 非磁性中間層の 110 回折ピークの半値幅は、Crのみの非磁性中間層の半値幅よりも大きい。この傾

向に対応して ( $\text{Cr-ZrO}_2$ ) 非磁性中間層の結晶粒径は  $\text{Cr}$  のみの非磁性中間層のおよそ半分程度の 4 から 8 nm と予想される (図 15)。窒素を添加した系では図 12 にも示したようにさらに結晶性が低下しており、結晶粒が微細化していると考えられる。

## 【0129】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の磁気記録媒体は、金属下地層と基板の接着強度を向上させたまま、高線記録密度における高い出力分解能を示し、雑音に対する出力の割合が増加した。また、本発明の磁気記憶装置は、このような磁気記録媒体を用いるのに適している。

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の磁気記録媒体の断面模式図。

【図 2】172 kFCI で測定した  $\text{SLF}/\text{Nd}$  と出力分解能  $R_e$  の関係を示す図。

【図 3】180 kFCI で測定した  $\text{SLF}/\text{Nd}$  と出力分解能  $R_e$  の関係を示す図。

【図 4】172 kFCI で測定した  $\text{Nd}$  と活性化磁気モーメントの関係を示す図。

【図 5】180 kFCI で測定した  $\text{Nd}$  と活性化磁気モーメントの関係を示す図。

【図 6】172 kFCI で測定した  $S/N_d$  と出力分解能  $R_e$  の関係を示す図。

【図 7】180 kFCI で測定した  $S/N_d$  と出力分解能  $R_e$  の関係を示す図。

【図 8】活性化磁気モーメントと窒素添加濃度の関係を示す図。

## 【図 9】磁気ヘッドの断面構造の一例を示す斜視図。

## 【図 10】本発明の磁気記憶装置の模式図。

【図 11】記録直後に出力に対する出力の経時変化を示す図。

【図 12】磁気記録媒体の X 線回折曲線を示す図。

【図 13】非磁性中間層の X 線回折曲線を示す図。

【図 14】110 回折ピークの半値幅を示す図。

【図 15】110 回折ピークの半値幅から求めた粒径を示す図。

## 【符号の説明】

1	…非金属基板
10	…金属下地層
2	…中間層
3	…磁性膜
4	…保護膜
5	…潤滑膜
10	…下部シールド
20	…第 1 のスペーサ
30	…第 2 のスペーサ
40	…ライトギャップ
60	…磁区制御膜
20	…電極
90	…上部シールド
100	…MR 素子部
110	…上部コア
120	…めつきコイル
130	…絶縁体
201	…記録再生信号処理回路
202	…駆動部
203	…磁気記録媒体
204	…磁気ヘッド
30	…ガイドアーム

【図 2】

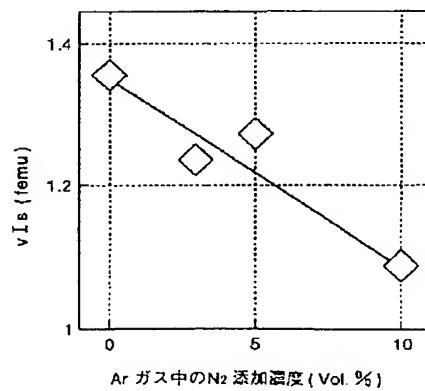
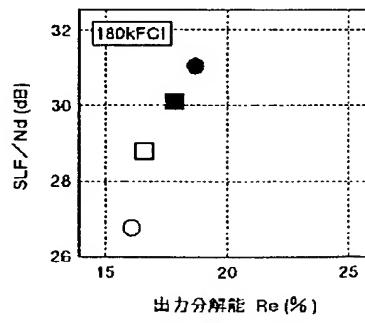
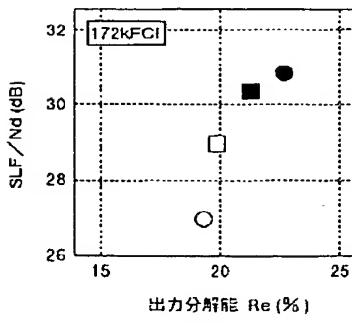
【図 3】

【図 8】

図 2

図 3

図 8

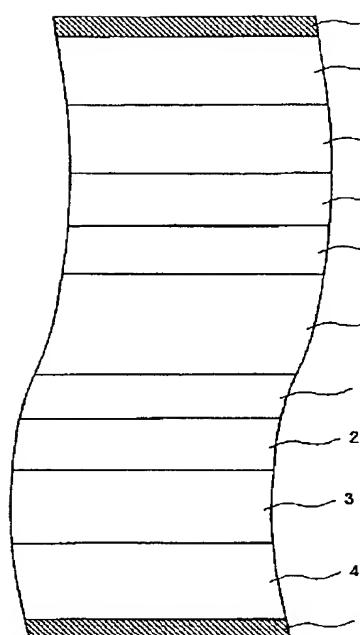


放電ガス	Ar+10%N <sub>2</sub>	Ar
放電ガス圧力	20mTorr	
Cr-ZrO <sub>2</sub> 合有非磁性中間層		○
Cr 合有非磁性中間層	■	□

放電ガス	Ar+10%N <sub>2</sub>	Ar
放電ガス圧力	20mTorr	
Cr-ZrO <sub>2</sub> 合有非磁性中間層	●	○
Cr 合有非磁性中間層	■	□

【図 1】

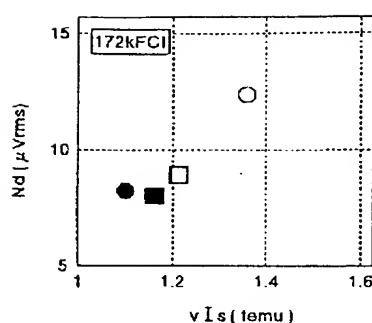
図 1



1…非金属基板 2…金属下地層 2'…非磁性中間層  
3…情報記録層 4…保護膜 5…潤滑膜

【図 4】

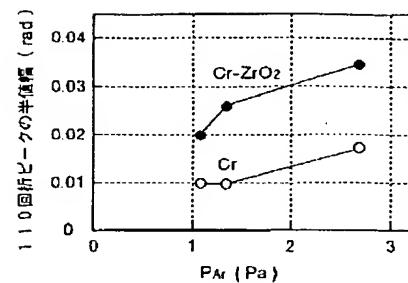
図 4



放電ガス	Ar+10%N <sub>2</sub>	Ar
放電ガス圧力	20mTorr	
Cr-ZrO <sub>2</sub> 含有非磁性中間層	●	○
Cr 含有非磁性中間層	■	□

【図 14】

図 14

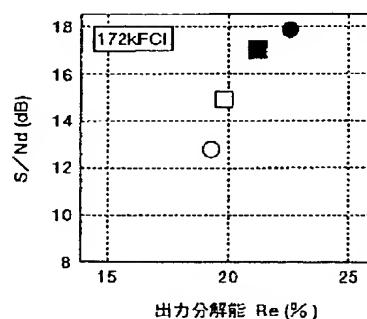
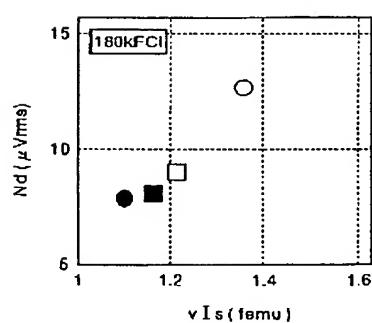


【図 6】

図 6

【図 5】

図 5

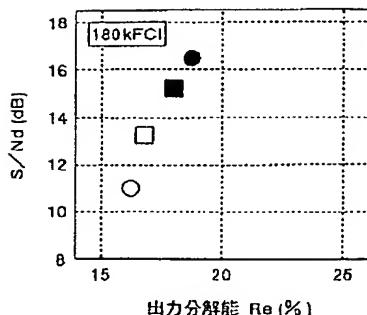


放電ガス	Ar+10%N <sub>2</sub>	Ar
放電ガス圧力	20mTorr	
Cr-ZrO <sub>2</sub> 含有非磁性中間層	●	○
Cr 含有非磁性中間層	■	□

放電ガス	Ar+10%N <sub>2</sub>	Ar
放電ガス圧力	20mTorr	
Cr-ZrO <sub>2</sub> 含有非磁性中間層	●	○
Cr 含有非磁性中間層	■	□

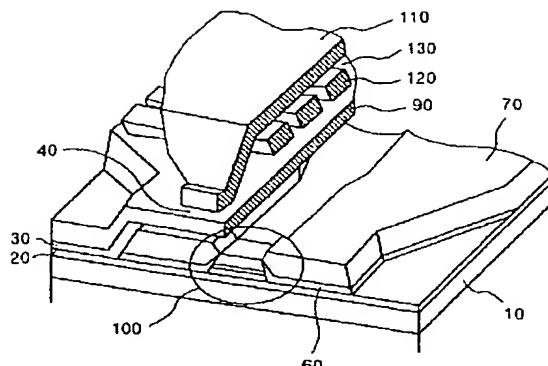
【図 7】

図 7



【図 9】

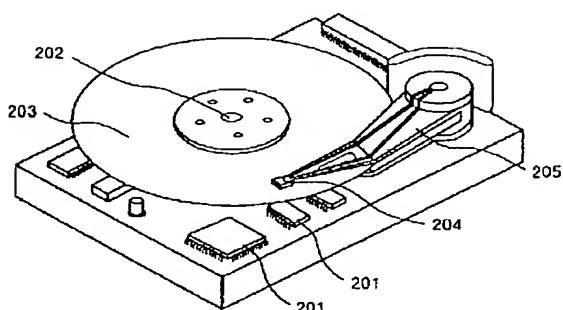
図 9



10…下部シールド 20…第1のスペーサ 30…第2のスペーサ  
40…ライトギャップ 60…磁区制御膜 70…電極  
90…上部シールド 100…MR素子部 110…上部コア  
120…めっきコイル 130…絶縁体

【図 10】

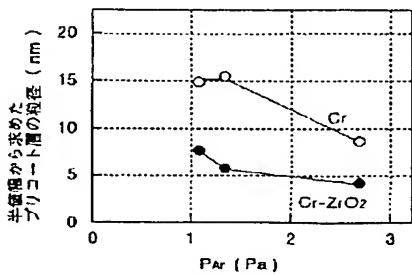
図 10



201…記録再生信号処理回路 202…駆動部 203…磁気記録媒体  
204…磁気ヘッド 205…ガイドアーム

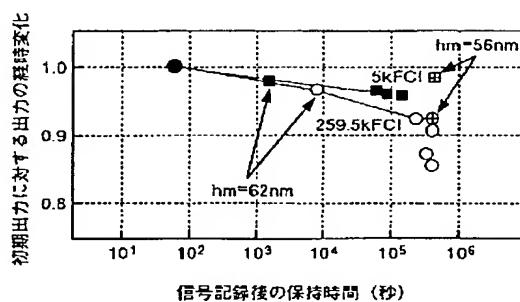
【図 15】

図 15



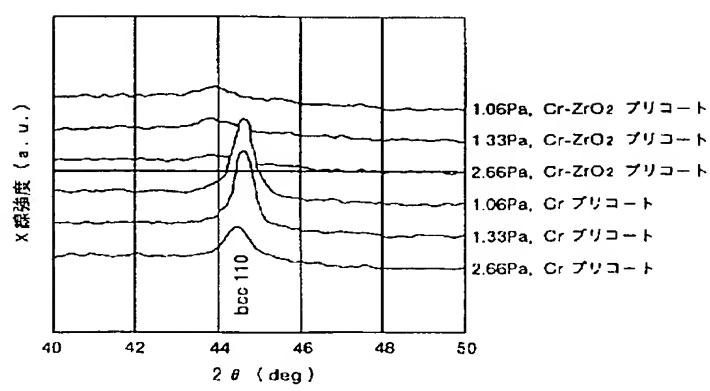
【図 11】

図 11



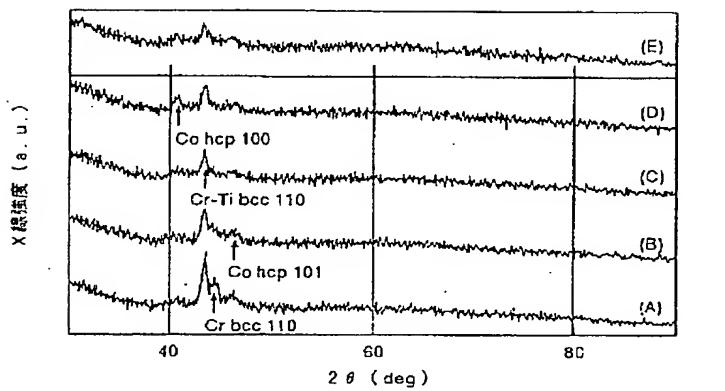
【図 13】

図 13



【図 12】

図 12



(A) Cr-ブリコート, 1.06Pa-Ar, (B) Cr-ブリコート, 2.66Pa-Ar,  
 (C) Cr-ブリコート, 2.66Pa-(Ar+10%N<sub>2</sub>), (D) (Cr-ZrO<sub>2</sub>)-ブリコート, 2.66Pa-(Ar+10%N<sub>2</sub>),  
 (E) (Cr-ZrO<sub>2</sub>)-ブリコート, 2.66Pa-Ar,

フロントページの続き

(72) 発明者 片岡 宏之

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
社日立製作所ストレージシステム事業部内

(72) 発明者 成重 真治

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
社日立製作所ストレージシステム事業部内

(72) 発明者 松田 好文

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
社日立製作所ストレージシステム事業部内

(72) 発明者 屋久 四男

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
社日立製作所ストレージシステム事業部内

(72) 発明者 細江 譲

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内